Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 489-505

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۵۰۵-۴۸۹

مقاله علمی- پژوهشی

ارزیابی کیفیت علوفه گاودانه (*Vicia ervilia*) در کشت مخلوط افزایشی با جو بهاره (*Hordeum vulgare*)

آرزو درخشانی[1]، غلامرضا حیدری[2]* و شیوا خالص‌رو[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۵

درخشانی، آ.، حیدری، غ.، و خالص‌رو، ش.، ۱۴۰۰. ارزیابی کیفیت علوفه گاودانه (*Vicia ervilia*) در کشت مخلوط افزایشی با جو بهاره (*Hordeum vulgare*). بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۳): ۵۰۵-۴۸۹.

چکیده

یکی از مؤلفه‌های مؤثر در افزایش دستیابی به تولید پایدار در گیاهان زراعی، بهره‌گیری از الگوهای کشت مخلوط غلات - لگوم است. در این نوع کشت مخلوط تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لگوم سبب بهبود کیفیت علوفه می‌شود، که تراکم و تاریخ کشت دو فاکتور مؤثر بر آن محسوب می‌شوند. در این پژوهش، اثر تاریخ و تراکم کشت گاودانه (*Vicia ervilia*) در الگوی کشت مخلوط افزایشی با جو (*Hordeum vulgare*) بر کیفیت علوفه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل تاریخ کاشت (کاشت هم‌زمان، کاشت گاودانه ۱۰ و ۲۰ روز بعد از کاشت جو بهاره) و تراکم کاشت گاودانه (تراکم‌های ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) در کشت مخلوط افزایشی با جو بهاره بودند. همچنین دو تیمار کشت خالص جو و گاودانه نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه آزمایش نشان داد، بیشترین میزان ماده آلی (۹۳/۷ درصد)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (۳۶/۱ درصد) و اسیدی (۲۴/۹) در تاریخ کاشت هم‌زمان (۶ فروردین ماه) و کمترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب ۹۱/۲، ۳۰/۶ و ۲۳/۳ درصد) در تاریخ کاشت گاودانه ۲۰ روز پس از کاشت جو (۲۸ فروردین ماه) حاصل شد، در حالی که بیشترین مقادیر عناصر معدنی شامل نیتروژن، پتاسیم، سدیم و کلسیم در تاریخ کاشت هم‌زمان (۶ فروردین ماه) به‌دست آمد. با افزایش تراکم گاودانه مقادیر نیتروژن، پتاسیم و سدیم گاودانه افزایش یافت. بیشترین میزان NDF (۳۷/۶ درصد) و ADF (۲۵/۸ درصد) به تراکم ۱۲/۵ درصد و کمترین مقدار این صفات (به‌ترتیب ۲۹/۳ و ۲۲/۸ درصد) به تراکم ۷۵ درصد تعلق داشت. تاریخ‌های متفاوت و تراکم‌های مختلف کشت و اثر متقابل دو فاکتور بر روی قابلیت هضم گاودانه در کشت مخلوط با جو اثر معنی‌داری نداشتند. در کل، چنین می‌توان اظهار داشت که در کشت مخلوط افزایشی گاودانه با جو بهاره، تأخیر در تاریخ کاشت هر چند سبب کاهش ADF و NDF می‌شود، امّا کاشت زودهنگام و هم‌زمان آن با جو، سبب افزایش کیفیت علوفه گاودانه از نظر عناصر معدنی می‌گردد. نتایج نشان داد در کشت مخلوط گاودانه با جو، تاریخ کاشت ۶ فروردین ماه گاودانه از لحاظ عناصر معدنی به سایر تاریخ‌های کاشت برتری داشت و تراکم ۷۵ درصد گاودانه به‌واسطه کاهش NDF و ADF از کیفیت علوفه بهتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی، عناصر معدنی، ماده خشک قابل هضم

مقدمه

سیستم کشت مخلوط به کشاورز کمک می‌کند که فقط به یک محصول اتکا نداشته و بتواند مدیریت صحیحی از منابع طبیعی داشته

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشگاه کردستان، ایران.
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه کردستان، ایران.
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه کردستان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: g.heidari@uok.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v13i3.85494

باشد و از تخریب ذخایر طبیعی نیز جلوگیری نماید (Guleria & Kumar, 2016). افزایش بهره‌وری و استفاده مطلوب از منابع، افزایش عملکرد و کیفیت محصول، استفاده کارآمدتر از منابع محیطی نظیر نور، آب و مواد غذایی، کاهش خطر تولید و آسیب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها، ایجاد موازنه در تغذیه گیاهی، افزایش کمیت و کیفیت محصول از مزایای کشت مخلوط می‌باشند (Madani et al., 2011). کشت مخلوط غلات- لگوم روشی متداول در سامانه‌های کشاورزی کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌آید. در این نوع از کشت مخلوط، دام‌داران لگوم‌ها را به‌خاطر محتوی پروتئین بالاتر نسبت به غلات، جهت افزایش کیفیت علوفه و کاهش احتمالی کمبود پروتئین خام علوفه کشت می‌کنند (Javanmard et al., 2013). غلات به‌خصوص جو (*Hordeum vulgare*) به‌دلیل دارا بودن ماده خشک زیاد و هزینه کم تولید، در جیره غذایی دام‌ها استفاده زیادی دارند. علوفه حاصل از غلات با وجود تأمین انرژی زیاد برای حیوانات، متأسفانه حاوی پروتئین کمی بوده که در نهایت، کیفیت علوفه را کاهش می‌دهد. از آن‌جایی که تغذیه مناسب حیوانات برای تولید بهینه محصولات دامی، دارای اهمیت فراوانی است، بنابراین لازم است برای جبران این کمبود کیفیت علوفه، از مکمل‌های پروتئینی در جیره غذایی استفاده شود. امّا مشکل این روش، گران قیمت بودن این نوع از مکمل‌های پروتئینی است (Eskandari et al., 2009). یکی از اقدامات مهم در جهت کاهش هزینه خوراک دام، استفاده از منابع موجود، شناخت مواد غذایی جدید و به‌کارگیری آن‌ها در جیره غذایی دام است. خانواده فاباسه از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده مواد مغذی به‌ویژه پروتئین‌ها می‌باشند، که در این راستا می‌توان به گاودانه (*Vicia ervilia*) اشاره داشت (Hamzei, 2012). این گیاه علاوه‌بر قابلیت بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن می‌تواند در سودمندی کشت مخلوط با گراس‌های علوفه‌ای نظیر جو نقش داشته باشد. گاودانه تا حدودی به خشکی مقاوم است و به بیشتر خاک‌ها سازگاری دارد. این گیاه یکی از قدیمی‌ترین گیاهان اهلی شده است که در استان‌های غربی کشور به‌صورت زراعت دیم مورد کشت و کار قرار گرفته و به‌دلیل خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن در خاک دارای ارزش قابل توجهی بوده است (Sepahvand & Ashraf-Jafari, 2014). تولید جهانی گاودانه تقریباً ۸۵۰ هزار تن در سال تخمین زده شده است و میانگین عملکرد آن ۱۶۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (FAO, 2018). در بررسی قابلیت هضم گاودانه، ماشک و خلر (*Lathyrus sativus*)، گزارش شده است که گاودانه با میزان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۱/۵۰۶ میلی‌مول و انرژی قابل متابولیسم ۱۱/۷۲ مگاژول بر کیلوگرم دارای بالاترین ارزش غذایی بوده است (Razmazar et al., 2012). دانه گاودانه حاوی ۲۶/۶۵ درصد پروتئین و ۱۸/۱۰ مگاژول بر کیلوگرم انرژی خام است (Sadeghi et al., 2009a) و می‌تواند به‌عنوان تأمین‌کننده انرژی و پروتئین در تغذیه دام و طیور مورد استفاده قرار گیرد. لذا به نظر می رسد برای احیای کشت مجدد این گیاه در تناوب زراعی اراضی دیم، به‌عنوان یک اصلاح کننده خاک و تولید محصولات با ارزش غذایی بالا در تغذیه دام اقدامات ترویجی لازم صورت گیرد (Miller & Enneking, 2014).

کیفیت علوفه بیانگر ارزش غذایی و مقدار انرژی است که در دسترس دام قرار می‌گیرد. وقتی علوفه به‌عنوان وعده اصلی غذایی دام به‌کار می‌رود، کیفیت علوفه از طریق میزان محصول دام (مانند میزان تولید شیر، میزان تولید گوشت) اندازه‌گیری می‌شود. علوفه در تأمین الیاف و مواد مغذی مورد نیاز نشخوارکنندگان به‌ویژه گاوهای شیری و نیز حفظ سلامت دستگاه گوارش آن‌ها نقش مهمی دارد (Akbari Afjani et al., 2011). کشت مخلوط لگوم‌ها با سایر گیاهان، یک استراتژی پایدار جهت افزایش کیفیت علوفه به‌شمار می‌رود (Contreras-Govea et al., 2009). نتایج تحقیقات حاکی از تأثیر مثبت کشت مخلوط در افزایش عملکرد و تولید علوفه با کیفیت بهتر و پایداری عملکرد بوده است (Lithourgidis et al., 2011). کشت ردیفی باقلای علوفه‌ای (*Visia faba*)- جو (*Hordeum vulgare*)، باقلای مصری (*Lupin* spp.)- جو و نخود فرنگی (*Pisum sativum*)- جو در مقایسه با تک‌کشتی جو باعث افزایش عملکرد پروتئین و کیفیت علوفه شد (Stryhorst et al., 2008). نتایج مشابهی مبنی بر افزایش چشمگیر پروتئین خام علوفه بر اثر ترکیب لگوم‌ها با گراس‌ها گزارش شده است (Bedoussac & Justes, 2011; Pellicano et al., 2015). کشت مخلوط سورگوم با سویا به‌واسطه کاهش محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی سبب افزایش کیفیت علوفه گردید (Aydemir et al., 2017). جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2009) در مطالعه کشت مخلوط ذرت و لگوم نشان دادند که سیستم کشت مخلوط اثر

معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک[1] (DM)، عملکرد پروتئین خام[2] (CP)، خاکستر[3] (ASH)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی[4] (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی[5] (ADF) داشت و عملکرد پروتئین خام و محتوای خاکستر علوفه در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی افزایش یافت و میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی در کشت مخلوط کاهش پیدا کرد. در پژوهشی دیگر کشت مخلوط سه گراس (*Agropyron elongatum*، *Agropyron desertorum* و *Festuca arundinacea*) به‌همراه یونجه (*Medicago sativa*) در شرایط آب‌وهوایی مشهد نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط ۲۵ درصد یونجه + ۷۵ درصد از *A. elongatum* به‌دست آمده که نسبت به حالت تک‌کشتی ۲۳ درصد افزایش نشان داد و همچنین بیشترین میزان پروتئین خام در مخلوط ۷۵ درصد یونجه + ۲۵ درصد *Festuca arundinacea* حاصل شد (Ameri & Jafari, 2016).

انتخاب تاریخ کاشت مناسب گیاهان زراعی یکی از عوامل مؤثر در افزایش عملکرد در واحد سطح و کیفیت علوفه می‌باشد (Atis & Akar, 2018). همراه با تغییر در تاریخ کاشت، پارامترهای هواشناسی نیز تغییر می‌کنند و دما، نور خورشید و سایر عوامل هواشناسی به‌شکل منفرد یا همراه با هم در رشد و تولید گیاه تأثیر می گذارند. هدف از تعیین تاریخ کاشت بهینه، قرار گرفتن مراحل رشد و نمو با شرایط مطلوب محیطی است، از طرف دیگر، تراکم گیاهی متناسب با تغییر عواملی نظیر تفاوت منطقه، تاریخ کاشت، شرایط اقلیمی و نوع خاک تغییر می‌کند و یکی از عوامل زراعی مهم در تعیین عملکرد بهینه گیاهان زراعی می‌باشد (Abdollahi, 2015). با توجه به مطالب بیان شده، هدف از این پژوهش ارزیابی زمان کاشت گاودانه بر کیفیت علوفه در کشت مخلوط افزایشی با جو بهاره بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی کیفیت علوفه گاودانه در کشت مخلوط افزایشی با جو بهاره آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان (واقع در دهگلان در ۳۵ کیلومتری شرق شهرستان سنندج و ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا با مختصات جغرافیایی ۴۵/۳۷ درجه شرقی و ۳۵/۸ درجه شمالی) در سال ۱۳۹۵ به‌اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. فاکتور اول شامل سه تاریخ کشت (کشت هم‌زمان گاودانه و جو بهاره، کشت گاودانه ۱۰ و ۲۰ روز بعد از کشت جو بهاره) و فاکتور دوم شامل چهار تراکم کشت گاودانه (تراکم‌های ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تراکم بهینه) به‌صورت مخلوط افزایشی با جو بودند. علاوه‌براین دو تیمار شاهد شامل کشت خالص جو بهاره با تراکم بهینه ۴۰۰ بوته در مترمربع (Noormohammadi et al., 2001) و کشت خالص گاودانه با تراکم بهینه ۶۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب به‌عنوان شاهد اول و شاهد دوم در نظر گرفته شدند. بذر گاودانه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. کاشت جو (رقم آبیدر) و کاشت اول گاودانه در تاریخ ۱۳۹۵/۱/۶ انجام شد و در تاریخ‌های ۱۳۹۵/۱/۱۷ و ۱۳۹۵/۱/۲۸ کشت‌های تأخیری گاودانه صورت پذیرفت. هر کرت آزمایشی دارای چهار متر طول و ۱/۴ متر عرض بود. در هر کرت هفت ردیف جو با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. فاصله بین هر کرت ۰/۵ متر و فاصله بین تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. بذور گاودانه با توجه به تراکم‌های مورد نظر و زمان کشت در هر کرت آزمایشی به‌صورت دستی در بین ردیف‌های جو کاشته شدند. عملیات داشت شامل کاربرد کود سرک اوره به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و وجین دستی علف‌های هرز صورت گرفت. برداشت علوفه گاودانه در اوایل گل‌دهی و در تاریخ ۱۳۹۵/۳/۱۰ صورت گرفت و صفات مربوط به کیفیت علوفه به شرح زیر اندازه‌گیری شدند:

درصد ماده خشک (DM)

درصد ماده خشک علوفه با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (AOAC, 1990):

معادله (۱)

۱۰۰ × وزن نمونه قبل از خشک کردن /وزن نمونه پس از خشک کردن= درصد ماده خشک

قابلیت هضم ماده خشک[6] (DMD)

میزان ناپدید شدن ماده خشک نمونه‌های آزمایشی با استفاده از تکنیک برون تنی (*In vitro*) اندازه‌گیری شد. مایع شکمبه از

1- Dry matter
2- Crude protein
3- Ashes
4- Neutral detergent fiber
5- Acid detergent fiber

6- Dry matter digestibility

کشتارگاه دام سنندج از محتویات شکمبه سه رأس گوسفند بلافاصله پس از کشتار گرفته شد. برای اندازه‌گیری درصد ناپدید شدن ماده خشک پس از انکوباسیون از معادله زیر استفاده شد (Orskov & McDonald, 1979):

معادله (۲)

{(A-B)-(C-B)}/ (A-D) = ناپدید شدن ماده خشک

که در آن، A: وزن کیسه همراه نمونه، B: وزن کیسه، C: وزن کیسه همراه نمونه پس از انکوباسیون و D: وزن اولیه خوراک در کیسه می‌باشند.

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF[۷]) و خنثی (NDF[۸])

برای تعیین الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی از روش پیشنهادی وان سوست و همکاران (Van Soest et al., 1991) به شرح زیر استفاده شد:

برای اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی مخلوطی حاوی سدیم لوریل سولفات، اتیلن دی آمین تترا استیک اسید، دی سدیم هیدروژن فسفات بدون آب، ۲- اتوکسی اتانول و بورات سدیم تهیه و به حجم یک لیتر رسانده شد. ۰/۵گرم نمونه خوراکی به‌همراه ۰/۵گرم سولفات سدیم و ۴۰ میلی‌لیتر از محلول NDF در داخل ظروف مخصوص شیشه‌ای با قابلیت اتوکلاو شدن ریخته شد و به‌مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ پوند بر اینچ مربع ($lb.in^{-2}$) اتوکلاو شدند. سپس محتویات شیشه‌ها با استفاده از پارچه پلی‌استر (قطر منافذ ۴۶ تا ۵۲ میکرومتر) با آب مقطر و استون صاف گردید و در داخل کروزه‌هایی که از قبل وزن آن‌ها اندازه‌گیری شده بود، ریخته شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و در نهایت، توزین گردیدند. سپس به داخل کوره (۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند و پس از توزین مجدد، محاسبه لازم برای درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی براساس معادله زیر صورت گرفت:

معادله (۳)

وزن نمونه بعد از کوره - وزن نمونه خشک بعد از آون = وزن پسماند پس از خاکسترگیری

۱۰۰ × (وزن پسماند پس از خاکسترگیری/وزن اولیه نمونه) =الیاف نامحلول در شوینده خنثی

برای تعیین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، مخلوطی از ۲۰ گرم هگزا دسیل تری متیل آمونیوم بروماید و اسید سولفوریک ۹۸-۹۵ درصد به حجم یک لیتر رسانده شد و روی هیتر قرار داده شد. .مقدار ۰/۵ گرم از نمونه خوراکی به‌همراه ۴۰ میلی‌لیتر از محلول ADF در ظروف مخصوص شیشه‌ای با قابلیت اتوکلاو شدن ریخته شد و به‌مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ پوند بر اینچ مربع ($lb.in^{-2}$) اتوکلاو شدند. سایر مراحل مانند روش اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده خنثی بود. براساس معادله زیر درصد الیاف نامحلول در شوینده اسید تعیین گردید:

معادله (۴)

وزن نمونه بعد از کوره - وزن نمونه خشک بعد از آون = وزن پسماند پس از خاکسترگیری

۱۰۰ × (وزن پسماند پس از خاکسترگیری/وزن اولیه نمونه) =الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

اندازه‌گیری قابلیت هضم ماده خشک در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از تکنیک تولید گاز بر اساس روش منک و استینگاس (Menke & Steingass, 1988) و با معادله زیر انجام گرفت:

معادله (۵)

DMD=۰/۹۹۹۱Gas+۰/۵۹۵CP+۰/۱۸۱ CA+۹

که در آن، Gas: تولید گاز (میلی‌لیتر به‌ازای ۲۰۰ میلی‌گرم ماده خشک در ۲۴ ساعت اولیه تخمیر)، CP: پروتئین خام و CA: درصد خاکستر می‌باشد.

ماده آلی[۹] (OM)

برای تعیین میزان ماده آلی مقدار ۰/۵ گرم از نمونه وزن شده و داخل بوته چینی ریخته شد و تا زمانی که کاملاً سوخته و از آن دوده خارج نشود، روی شعله قرار داده شد، سپس به‌مدت چهار ساعت با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد داخل کوره قرار گرفت. سپس با استفاده از معادله زیر میزان ماده خشک اولیه میزان ماده آلی نمونه محاسبه شد (AOAC, 1990).

1- Acid Detergent Fiber
2- Neutral Detergent Fiber
3- Organic Matter

معادله (۶)

۱۰۰ × وزن نمونه اولیـه/(وزن خاکسـتر − وزن نمونـه اولیـه) = درصد ماده آلی

نیتروژن[1] (N)

نیتروژن موجود در خوراک اولیـه و بـاقی‌مانـده بـر اسـاس روش استاندارد (AOAC, 1990) و با استفاده از دسـتگاه کجلـدال تعیـین گردید و سپس درصد نیتروژن موجود در نمونه‌ها با استفاده از معادلـه زیر به‌دست آمد (Zamanian, 2003):

معادله (۷)

درصد نیتروژن موجود در خوراک دام= N*V*1/401 /0.5 gr

عناصر معدنی

محتوی فسفر علوفه با استفاده از روش رنـگ‌سـنجی (رنـگ زرد مولیبدات وانادات) و با کمک دسـتگاه اسـپکتروفتومتر مـدلJenway ساخت کشور انگلستان در طول موج ۴۳۰ نانومتر انجـام شـد. مقـدار منیزیم و کلسیم به‌روش تیتراسـیون بـا EDTA، و همچنـین مقـدار پتاسیم و سدیم به‌روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فلـیم‌فتـومتر مـدل BWB-1, Technology, UK Ltd انـدازه‌گیـری گردیـد (Chapman & Pratt, 1961). درصد نیتروژن علوفه بر اساس روش استاندارد (AOAC, 1990) و با استفاده از دستگاه کجلدال Kjeltec Vapodest 30s, Gerhardt تعیین گردید.

محاسبات آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نـرم‌افـزار SAS انجـام شـد، میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد ماده خشک گاودانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثـرات سـطوح تـاریخ کاشـت و تراکم گاودانه بر روی ماده خشک گاودانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، امّا اثر متقابل بین تراکم و تـاریخ کشـت از لحـاظ ایـن صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). به‌عبارتی میزان ماده خشک در گاودانه تحت تأثیر کشت خالص یا مخلوط این گیاه با گیاه جو قـرار گرفـت. ماده خشک در بین ارقام و ژنوتیپ‌های گاودانه متغیر بـوده و محـیط زراعی نیز تأثیر زیادی بر میزان ماده خشک گاودانه دارد (Sadeghi et al., 2009). کمترین میزان ماده خشک در کاشت ۲۸ فروردین ماه با میانگین ۹۴/۳ درصد مشاهده شد و بیشترین میزان آن بـه تـاریخ کاشت شش فروردین ماه با میانگین ۹۵/۵ درصد مربوط بود کـه بـا قرار گرفتن در گروه جداگانه با دیگر تاریخ‌های کاشت دارای اختلاف معنی‌داری بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد تأخیر در کشت گاودانـه در کشت مخلوط با جو، سبب شد که گیاه فرصت کمتـری بـرای رشـد رویشی داشته و همچنین با گیاه جو رقابت بیشتری برای جذب مـواد غذایی در مراحل اولیه رشد داشته باشد، که سبب کاهش رشد رویشی و کاهش ماده خشک در گاودانه شده است.

نتایج مقایسـه میـانگین بـرای درصـد مـاده خشـک گاودانـه در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد که با افـزایش تـراکم گاودانـه در کشت مخلوط به ۷۵ درصد تراکم کشت خالص، ماده خشک گاودانـه به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد ماده خشک گاودانه در کشت مخلوط با جو به‌ترتیب به سطوح تراکمی ۱۲/۵ و ۷۵ درصد مربوط بود. بین سطوح تراکمـی ۵۰ و ۷۵ درصد و نیز بین دو سطح تراکمی ۲۵ و ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در تراکم‌های بالا در کشت مخلوط به‌علـت سایه‌اندازی و افزایش رقابت درون و برون گونه‌ای، دسترسی به منابع محیطی مختلف و نور برای هر گیـاه کـاهش مـی‌یابـد و از ایـن رو، عملکرد ماده خشک نیز کاهش پیدا مـی‌کنـد (Nooshkam et al., 2009). ویدیکومب و تلـن (Widdicombe & Thelen, 2002) بـا انجام پژوهشی نشان دادند که افزایش تـراکم ذرت علوفـه‌ای، سـبب کاهش ماده خشک می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

قابلیت هضم ماده خشک گاودانه

درصد قابلیت هضم یکی از مهم‌ترین صفت تعیین‌کننده در کیفیت علوفه به‌شمار می‌رود (Fateh et al., 2009). بر اساس نتایج تجزیـه واریانس، اثرات تاریخ کشت، تراکم و اثر متقابـل ایـن دو فـاکتور بـر قابلیت هضم گاودانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). به عبارتی دیگر، میزان قابلیت هضم در گاودانه تحت تأثیر کشت خالص یا مخلوط این گیاه با جو قرار نگرفت.

1- Nitrogen

الیاف نامحلول در شوینده خنثی گاودانه (NDF)

الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی از صفات مهم کیفی علوفه هستند. الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌عنوان یک معیار شکم پرکن دام، برای پیش‌بینی مصرف اختیاری غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد و نشان‌دهنده پتانسیل مصرف علوفه توسط دام است (Salehi et al., 2018).

جدول ۱- تجزیه واریانس کیفیت علوفه گاودانه متأثر از تاریخ کاشت و تراکم بوته در کشت مخلوط با جو

Table 1- Analysis of variance of bitter vetch forage quality affected by planting date and plant density in intercropping with barley

		میانگین مربعات Mean of squares				
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	درصد ماده خشک Dry matter percentage	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber	درصد ماده آلی Organic matter percentage
تکرار Replication	2	65.27**	1641 ns	1343 ns	497 ns	42.19 ns
تاریخ کشت Sowing date (A)	2	450.97**	5593.8 ns	9528 *	968.8**	2227**
تراکم کشت Sowing density (B)	3	62.96**	3804.1 ns	13848.1**	1369**	134.3**
تاریخ× تراکم A×B	6	3.93 ns	237.7 ns	1492 ns	137.1ns	6.43 ns
خطا Error	22	7.55	2611.2	2216.9	170.7	22.68
ضریب تغییرات CV (%)		1.01	8.04	14.28	5.37	3.51

ns *و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مرتبط با کیفیت علوفه گاودانه متأثر از سطوح تاریخ کاشت در کشت مخلوط با جو

Table 2. Mean comparison of traits related to bitter vetch forage quality affected by planting date levels in barley-mixed intercropping

تاریخ کاشت Sowing date	درصد ماده خشک Dry matter percentage	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (%)	درصد ماده آلی Organic matter percentage
۶ فروردین March 25	95.5 a*	61.4 a	36.1 ab	24.9 a	93.7 a
۱۷ فروردین April 5	94.6 b	63.4 a	32.1 ab	24.7 a	93.4 a
۲۸ فروردین April 16	94.3 b	65.7 a	30.6 b	23.3 b	91.2b
کشت خالص گاودانه Mono-cropping of bitter vetch	95.8 a	60.7 a	41 a	26.9 a	94.1 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by the same letter are not significantly different.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مرتبط با کیفیت علوفه گاودانه متأثر از سطوح تراکم بوته در کشت مخلوط با جو

Table 2- Mean comparisons of traits related to bitter vetch forage quality affected by plant density levels in barley-mixed intercropping

تراکم Density (%)	درصد ماده خشک Dry matter percentage	قابلیت هضم Digestibility (%)	الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral detergent fiber (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid detergent fiber (%)	درصد ماده آلی Organic matter percentage
12.5	95.1 ab*	61.8 a	37.6 ab	25.8 a	93.2 ab
25	94.8 b	62.2 a	34.7 b	24.6 ab	92.9 ab
50	94.7 b	63.6 a	30.1 b	24.1 ab	92.7 b
75	94.5 b	66.3 a	29.3 b	22.8 b	92.3 b
کشت خالص گاودانه Mono-cropping of bitter vetch	95.8 a	60.7 a	41 a	26.9 a	94.1 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's test.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تاریخ‌های متفاوت و تراکم‌های مختلف کشت بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی گاودانه به‌ترتیب اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد داشتند، امّا اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی بر الیاف نامحلول در شوینده خنثی معنی‌دار نشد (جدول ۱).

کمترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تاریخ کاشت ۲۸ فروردین با میانگین ۳۰/۶ درصد مشاهده شد که با کاشت در تاریخ ۱۷ فروردین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نداشت و بیشترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی به تاریخ کاشت شش فروردین با میانگین ۳۶/۱ درصد مربوط بود که با توجه به آزمون دانکن با تاریخ کاشت ۱۷ فروردین اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در تیمارهای کشت مخلوط هر چه زمان کاشت گاودانه به تأخیر افتاد، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی گاودانه کاهش نشان داد و این کاهش به نحوی بود که با تأخیر ۲۰ روزه در تاریخ کشت، اختلاف معنی‌دار شد. به‌نظر می‌رسد با تأخیر در کشت گاودانه گیاه فرصت کمتری برای رشد رویشی داشته است و میزان الیاف گیاه کمتر می‌شود که به تبع آن الیاف نامحلول در شوینده خنثی نیز کاهش پیدا می‌کند.

مقایسه میانگین الیاف نامحلول در شوینده خنثی در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد با افزایش تراکم کشت گاودانه، میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی کاهش نشان داده، امّا این کاهش به نحوی بود که بین تراکم ۱۲/۵ با ۲۵ درصد، بین تراکم ۲۵ با ۵۰ درصد و بین تراکم ۵۰ با ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با افزایش سطح تراکم با فاصله ۲۵ درصد میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت و فاصله تراکمی ۱۲/۵ درصد باعث کاهش معنی‌دار الیاف نامحلول در شوینده خنثی نشد. بیشترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۳۷/۶ درصد بود و کمترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۲۹/۳ درصد اختصاص داشت. الیاف نامحلول در شوینده خنثی در کشت خالص گاودانه با میانگین ۴۱ درصد در رده بالایی نسبت به تیمارهای مورد مطالعه قرار داشت و با تیمارهای تراکمی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). با توجه به پایین‌تر بودن میزان NDF علوفه در الگوهای کشت مخلوط می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از طریق کاهش NDF و ADF کیفیت علوفه را بهبود بخشید. نتایج آزمایشی نشان داد که کشت مخلوط ذرت با لگوم باعث کاهش معنی‌دار محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی در علوفه گردید (Javanmard et al., 2009). نتایج مشابهی دال بر کاهش NDF علوفه به‌دست آمده از کشت مخلوط غلات با لگوم‌ها توسط (Lithourgidis et al., 2006) گزارش شده است.

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گاودانه (ADF)

تاریخ‌های متفاوت و تراکم‌های مختلف کشت گاودانه در کشت مخلوط با جو بر الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گاودانه تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نشان دادند، امّا اثر متقابل بین دو فاکتور برای این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). به عبارتی، میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گاودانه تحت تأثیر کشت خالص

یا مخلوط این گیاه با جو قرار گرفت. صالحی و همکاران (Salehi et al., 2018) در بررسی کشت مخلوط تریتیکاله (X Triticosecale Wittmack) با چند لگوم علوفه‌ای یک‌ساله بیان داشتند که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص تریتیکاله، از طریق کاهش الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی، کیفیت علوفه را بهبود بخشیده است.

مقایسه میانگین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گاودانه در تاریخ‌های متفاوت کاشت نشان داد (جدول ۲) که کمترین میزان در کاشت ۲۸ فروردین با میانگین ۲۳/۳ درصد مشاهده شد که با دیگر تایخ‌های کشت اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی برای تاریخ کاشت شش فروردین با ۲۴/۹ درصد بود که با کشت در ۱۷ فروردین اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین، تأخیر در زمان کاشت گاودانه سبب کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شده و این کاهش به‌صورتی بود که با تأخیر ۲۰ روز در کشت، اختلاف معنی‌دار شد.

مقایسه میانگین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گاودانه در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد که با افزایش تراکم کشت، میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گاودانه کاهش یافت. با وجود این، بین تراکم ۱۲/۵ با ۲۵ درصد، بین تراکم ۲۵ با ۵۰ درصد و بین تراکم ۵۰ با ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین، با افزایش فاصله تراکمی ۲۵ درصد، میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌صورت معنی‌داری کاهش پیدا کرد و فاصله تراکمی ۱۲/۵ درصد باعث کاهش معنی‌دار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی نشد. بیشترین الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۲۵/۸ درصد مربوط بود و کمترین میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۲۲/۸ درصد اختصاص داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی کشت مخلوط به همراه کشت خالص گاودانه حاکی از آن بود که کشت مخلوط به کاهش ADF علوفه گاودانه در مقایسه با کشت خالص آن منجر می‌شود. میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در کشت خالص برابر با ۲۶/۹ درصد بود که نسبت به بیشتر الگوهای کشت مخلوط بیشتر بود (جدول ۳). راس و همکاران (Ross et al., 2005) با بررسی کشت مخلوط جو با لگوم‌های یک‌ساله به این نتیجه رسیدند که میزانADF در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص گراس‌ها می‌باشد. نتایج سایر محققین نیز حاکی از پایین بودن میزان ADF درکشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (Eskandari, 2012).

ماده آلی

ماده آلی گاودانه تحت تأثیر تاریخ‌های متفاوت و تراکم مختلف کشت گاودانه در کشت مخلوط با جو قرار گرفت. امّا اثر متقابل بین تراکم کشت و تاریخ کشت گاودانه بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱).

با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین کمترین میزان ماده آلی در کاشت ۲۸ فروردین ماه با میانگین ۹۱/۲ درصد مشاهده شد که با دیگر تاریخ‌های کشت اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان ماده آلی به تاریخ کاشت ۶ فروردین ماه با میانگین ۹۳/۷ درصد تعلق داشت که با کاشت در تاریخ ۱۷ فروردین ماه از اختلاف معنی‌داری برخوردار نبود (جدول ۲). بنابراین، تأخیر در کاشت گاودانه سبب کاهش میزان ماده آلی آن شد، امّا این کاهش با توجه به آزمون آماری برای تأخیر ۱۰ روزه معنی‌دار نبود و در تأخیر ۲۰ روزه کشت، میزان ماده آلی کاهش معنی‌داری نشان داد.

مقایسه میانگین ماده آلی گاودانه در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد که با افزایش تراکم میزان ماده آلی کاهش نشان داد، امّا این کاهش به نحوی بود که بین تراکم ۱۲/۵ با ۲۵ درصد، بین تراکم ۲۵ با ۵۰ درصد و بین تراکم ۵۰ با ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین میزان ماده آلی متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۹۳/۲ درصد بود و کمترین مقدار آن به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۹۲/۳ درصد اختصاص داشت (جدول ۳).

ماده آلی مهم‌ترین بخش در بررسی کیفیت علوفه است و تحت تأثیر شرایط محیطی، از قبیل طول دوره رشد، فراهمی مواد غذایی و آرایش کشت قرار می‌گیرد. در شرایط رشد مطلوب و فراهمی مواد غذایی با افزایش فتوسنتز میزان ماده آلی گیاه نیز افزایش می‌یابد (Sadeghi et al., 2009b). در تحقیق حاضر نیز مشاهده شد با افزایش رقابت و تأخیر در کشت میزان ماده آلی کاهش پیدا کرد.

عناصر معدنی

اثر تاریخ‌های متفاوت و تراکم‌های مختلف کشت گاودانه در کشت مخلوط با جو بر میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم و کلسیم گاودانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند، ولی اثر

متقابل بین تراکم کشت و تاریخ کشت بر محتوای این عناصر معنی‌دار نشد (جدول ۴).

با توجه به مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت، کمترین میزان نیتروژن در کشت ۲۸ فروردین با میانگین ۱۹/۴۳ گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که با دیگر تاریخ‌های کشت اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان نیتروژن برای تاریخ کاشت شش فروردین با میانگین ۲۱/۱۵ گرم بر کیلوگرم بود که با تاریخ‌های کشت تأخیری اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد با تأخیر در کشت گاودانه، گیاه فرصت کمتری برای رشد رویشی و تولید گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن داشته است و رقابت آن با جو برای کسب منابع غذایی افزایش یافته و میزان نیتروژن گاودانه کاهش پیدا کرده است. اریکسون و بورسدورف (Erickson & Beversdorf, 1982) طی آزمایشی گزارش کردند که کاشت زودتر موجب طولانی شدن دوره رشد رویشی می‌شود و این امر موجب افزایش تجمع نیتروژن در بافت‌های گیاهی و در نهایت، انتقال آن به دانه‌ها می‌گردد.

مقایسه میانگین میزان نیتروژن گاودانه در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد (جدول ۶) که با افزایش تراکم کشت میزان نیتروژن در گاودانه به‌صورت معنی‌داری افزایش داشت. کمترین میزان نیتروژن متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۱۹/۴۹ گرم بر کیلوگرم بود، که با دیگر سطوح تراکمی اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان نیتروژن به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۲۱/۰۸ گرم بر کیلوگرم اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح تراکمی نشان داد. خردمند و همکاران (Kheradmand et al., 2015) در کشت مخلوط جو با خلر گزارش کردند که در تراکم بالا جذب نیتروژن در گیاه خلر افزایش پیدا می‌کند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

مقایسه میانگین تیمارهای کشت مخلوط با کشت خالص گاودانه حاکی از کاهش نسبی نیتروژن علوفه در تیمارهای کشت مخلوط به‌ویژه در تاریخ‌های کاشت ۱۷ و ۲۸ فروردین ماه بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد در تیمارهای کشت مخلوط بخشی از نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله گاودانه توسط گیاه جو جذب و مصرف شده باشد. تثبیت نیتروژن جوی به‌وسیله لگوم‌ها و انتقال آن به غله در کشت مخلوط لگوم – غلات سبب افزایش نیتروژن قابل استفاده غلات در خاک و افزایش آن در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌شود. ساز و کارهای احتمالی انتقال نیتروژن از لگوم به غیرلگوم در کشت مخلوط عبارت از تراوش مستقیم، پوست‌اندازی گره‌ها و پوسیدگی ریشه‌ها، شستشوی برگی و تجزیه برگ‌های ریخته شده می‌باشد (Najafi et al., 2013).

جدول ٤- تجزیه واریانس میانگین مربعات مقادیر عناصر غذایی در علوفه گاودانه متأثر از تاریخ کاشت و تراکم بوته در کشت مخلوط با جو

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of bitter vetch forage nutrients affected by planting date and plant density in intercropping with barley

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	نیتروژن N	پتاسیم K	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	فسفر P
تکرار Replication	2	0.192 ns	2474.0*	0.91 ns	16.38 ns	2.55**	75.96**
تاریخ کشت Sowing date (A)	2	8.91**	13867.2**	20.98**	392.9**	37.30**	209.90**
تراکم کشت Sowing density (B)	3	4.01**	12642.1**	15.66**	277.0**	1.96**	88.63**
تاریخ× تراکم A×B	6	0.26 ns	248.7 ns	1.27 ns	17.75 ns	0.58**	3.56 ns
خطا Error	22	0.18	606.9	0.86	16.98	0.09	4.19
ضریب تغییرات CV (%)		2.07	9.05	9.76	2.71	1.78	4.30

ns، *و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

ns * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین عناصر معدنی موجود در علوفه گاودانه متأثر از تاریخ کاشت در کشت مخلوط با جو

Table 5- Mean comparison of mineral nutrients of bitter vetch forage quality affected by planting date levels in barley-mixed intercropping

تاریخ کاشت Sowing date	نیتروژن N (g.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	سدیم Na (mg.kg^{-1})	کلسیم Ca (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})
۶ فروردین March 25	21.2 [a]*	309.5 [a]	10.3 [a]	156.9 [a]	44.7 [b]
۱۷ فروردین April 5	20.1 [b]	268.3 [b]	9.2 [b]	152.2 [ab]	45.6 [b]
۲۸ فروردین April 16	19.3 [c]	248.2 [b]	8 [c]	145.5 [b]	52.4 [a]
کشت خالص گاودانه Mono-Cropping of bitter vetch	21.9 [a]	225 [c]	7.8 [c]	114.7 [c]	43.1 [b]

* در هرستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

* In each column, means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's test.

جدول ٦- مقایسه میانگین عناصر معدنی موجود در علوفه گاودانه متأثر از سطوح تراکم در کشت مخلوط با جو

Table 6- Mean comparison of mineral nutrients of bitter vetch forage quality affected by plant density levels in barley-mixed intercropping

تراکم Density (%)	نیتروژن N (g.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	سدیم Na (mg.kg^{-1})	کلسیم Ca (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})
12.5	19.4 [e]*	235.8 [d]	7.1 [d]	158.2 [a]	51 [a]
25	19.9 [d]	260.6 [c]	8.7 [c]	152.3 [b]	48.7 [b]
50	20.4 [c]	288.4 [b]	9.9 [b]	151 [b]	47 [b]
75	21 [b]	316.5 [a]	11.2 [a]	144.7 [c]	43.5 [c]
کشت خالص گاودانه Mono-Cropping of bitter vetch	21.9 [a]	225 [e]	7.8 [e]	114.7 [d]	43.1 [c]

* در هرستون میانگین‌های دارای حروف مشابه به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

* In each column, means followed by the same letter are not significantly different.

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر میزان فسفر گاودانه نشان داد (جدول ۵) که بیشترین میزان فسفر در تاریخ کاشت سوم (۲۸ فروردین ماه) با میانگین ۵۲/۴۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و با دیگر سطوح تاریخ کشت اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان فسفر برای کشت گاودانه در اولین تاریخ کاشت گاودانه (۶ فروردین ماه) با میانگین ۴۴/۷۷ میلی‌گرم در لیتر بود که با تاریخ کشت دوم گاودانه (۱۷ فروردین ماه) اختلاف معنی‌داری نداشت. به نظر می‌رسد تأخیر در کشت گاودانه و کاهش رشد رویشی و نیز رقابت با جو برای کسب منابع غذایی تأثیر کاهشی بر میزان فسفر نداشته و ظاهراً میزان فسفر گیاه در شرایط کشت تأخیری بیشتر نیز شده است. نتایج پژوهشی نشان داد که در کشت مخلوط باقلا و ذرت، باقلا از طریق تثبیت نیتروژن سبب تراوش H^+ به محیط شد. اسیدی شدن ریزوسفر حل‌پذیری فسفر را در خاکی با pH بالا افزایش و در نتیجه، جذب فسفر به‌وسیله ذرت افزایش پیدا کرد (Li et al., 2003).

مقایسه میانگین فسفر گاودانه در تراکم‌های متفاوت کشت (جدول ۶) نشان داد که با افزایش تراکم کشت میزان فسفر در گاودانه به‌صورت معنی‌دار کاهش داشت. بیشترین میزان فسفر متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۵۱/۰۳ میلی‌گرم در لیتر بود که با دیگر سطوح تراکمی اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان فسفر به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۴۳/۵۷ میلی‌گرم در لیتر اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح تراکمی بر اساس آزمون دانکن نشان داد. بنابراین، با افزایش تراکم کشت گاودانه میزان فسفر به‌صورت معنی‌دار کاهش نشان داد، امّا بین دو سطح تراکمی ۲۵ و ۵۰ درصد که در رده متوسط از لحاظ میزان فسفر قرار داشتند، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

مقایسه میانگین تیمارهای کشت مخلوط با کشت خالص گاودانه

حاکی از افزایش میزان فسفر علوفه در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گاودانه با میانگین ۴۳/۱۷ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۴). کشت مخلوط سبب افزایش تراکم ریشه شد. ریشه گیاهان در شرایط کمبود فسفر آنزیم‌هایی مانند فسفاتاز و فیتاز را ترشح می‌کند که باعث افزایش حلالیت و تحرک فسفر در خاک می‌شود (Najafi et al., 2013). علاوه‌براین، گاودانه منبع بسیار خوبی برای عناصر معدنی خصوصاً آهن، پتاسیم، فسفر و مس می‌باشد (Sadeghi et al., 2009 b). محققان دیگری نیز در کشت مخلوط ذرت و گندم با باقلا افزایش میزان غلظت فسفر در باقلا و گندم نسبت به تک‌کشتی گزارش کردند (Zhang et al., 2011).

مقایسه میانگین پتاسیم گاودانه در تاریخ‌های کاشت نشان داد (جدول ۵) که کمترین میزان پتاسیم در کاشت ۲۸ فروردین ماه با میانگین ۲۴۸/۲ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که با کشت ۱۷ فرودین ماه اختلاف معنی‌دار نداشت و بیشترین میزان پتاسیم از تاریخ کاشت شش فروردین ماه با میانگین ۳۰۹/۶ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که با کشت‌های تأخیری اختلاف معنی‌دار داشت. تأخیر در زمان کاشت گاودانه سبب کاهش میزان پتاسیم دانه به‌صورت معنی‌داری شد. در بررسی عناصر معدنی یونجه گزارش شد که پتاسیم در رده ۱۰ عنصری می‌باشد که دارای بیشترین مقدار است (Abbasi et al., 2015).

مقایسه میانگین پتاسیم گاودانه در تراکم‌های متفاوت نشان داد که با افزایش تراکم، میزان پتاسیم به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد. کمترین میزان پتاسیم متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۲۳۵/۹ میلی‌گرم در لیتر بود که با دیگر سطوح تراکمی اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان پتاسیم به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۳۱۶/۵ میلی‌گرم در لیتر اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح تراکمی نشان داد (جدول ۶).

مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی کشت مخلوط به همراه کشت خالص گاودانه نشان داد که میزان پتاسیم در کشت خالص با میانگین (۲۲۵ میلی‌گرم در لیتر) نسبت به بیشتر تیمارهای کشت مخلوط از مقدار کمتری برخوردار بود (جداول ۵ و ۶). این نتیجه با نتایج مطالعه روستایی و فلاح (Rostaei & Fallah, 2015) در کشت مخلوط سیاهدانه و شنبلیله که افزایش غلظت پتاسیم را در کشت مخلوط گزارش کردند، مطابقت داشت.

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر میزان سدیم گاودانه نشان داد که کمترین مقدار این عنصر در کاشت ۲۸ فروردین با میانگین ۸/۰۴ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد که با دیگر سطوح تاریخ کشت اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان سدیم برای تاریخ کاشت ۶ فروردین با میانگین ۱۰/۳۴ میلی‌گرم در لیتر بود که با تاریخ‌های کشت تأخیری اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد با تأخیر در کشت گاودانه گیاه فرصت کمتری برای رشد رویشی داشته و رقابت بیشتری با جو برای کسب منابع غذایی داشت و میزان سدیم گیاه کمتر شده است.

مقایسه میانگین میزان سدیم گاودانه در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد که با افزایش تراکم بوته، میزان سدیم در علوفه گاودانه به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد. کمترین میزان سدیم متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۷/۰۵۴ میلی‌گرم در لیتر بود و با دیگر سطوح تراکمی اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان سدیم به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۱۱/۱۸ میلی‌گرم در لیتر اختصاص داشت (جدول ۶) که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح تراکمی نشان داد.

مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر میزان کلسیم گاودانه (جدول ۵) نشان داد که کمترین مقدار این عنصر در کشت ۲۸ فروردین با میانگین ۱۴۵/۶ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و با دیگر سطوح تاریخ کشت اختلاف معنی‌داری داشت و بیشترین میزان کلسیم در تاریخ کاشت ۶ فروردین با میانگین ۱۵۷/۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل گردید که با تاریخ‌های کشت تأخیری اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین، تأخیر در زمان کاشت گاودانه سبب کاهش معنی‌دار میزان کلسیم شد. در تاریخ‌های کاشت تأخیری، گیاه فرصت کمتری برای رشد رویشی دارد و افزایش دما و رقابت برای کسب منابع غذایی، موجب افت کیفیت علوفه می‌شود (Islam & Garcia, 2012).

مقایسه میانگین کلسیم گاودانه در تراکم‌های متفاوت کشت نشان داد (جدول ۶) که با افزایش تراکم کشت میزان کلسیم در گاودانه به‌صورت معنی‌داری کاهش نشان داد. بیشترین میزان کلسیم متعلق به تراکم ۱۲/۵ درصد با میانگین ۱۵۸/۲ میلی‌گرم در لیتر بود که با دیگر سطوح تراکمی اختلاف معنی‌دار داشت و کمترین میزان کلسیم به تراکم ۷۵ درصد با میانگین ۱۴۴/۷ میلی‌گرم در لیتر اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح تراکمی نشان داد. بنابراین، با افزایش تراکم کشت گاودانه، میزان کلسیم به‌صورت معنی‌داری کاهش نشان داد، امّا بین دو سطح تراکمی ۲۵ و ۵۰ درصد که از محتوی کلسیم متوسطی برخوردار بودند، اختلاف معنی‌داری

مشاهده نشد و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

مقایسه میانگین تیمارهای کشت مخلوط با کشت خالص گاودانه نشان داد که میزان کلسیم علوفه گاودانه در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص می‌باشد (جداول ۵ و ۶). لی و همکاران (Li et al., 2003) و لیتورگیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) طی آزمایش‌هایی جداگانه نشان دادند که در سیستم‌های کشت مخلوط وابسته به گیاهان تیره لگومینوزه، جذب عناصر ریزمغذی از خاک و کارآیی مصرف عناصر غذایی افزایش پیدا می‌کند.

بر اساس تجزیه واریانس اثرات تاریخ و تراکم کشت گاودانه و اثر متقابل بین آن‌ها در کشت مخلوط با جو منیزیم گاودانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی کشت مخلوط به همراه کشت خالص گاودانه نشان داد که میزان منیزیم علوفه گاودانه در کشت خالص نسبت به بیشتر تیمارهای کشت مخلوط از مقدار کمتری برخوردار است. بیشترین مقدار منیزیم به تیمار ترکیبی ۶ فروردین ماه و تراکم ۱۲/۵ درصد اختصاص داشت و کمترین مقدار آن به کشت خالص گاودانه مربوط بود (جدول ۷). منیزیم در ساختار کلروفیل وجود دارد و وجود آن در گیاه سبب افزایش فتوسنتز و رشد رویشی گیاه می‌شود و با کاهش جذب منیزیم خصوصیات رویشی گیاه کاهش پیدا می‌کند (Najafi et al., 2013). نتایج آزمایشی حاکی از افزایش میزان جذب عناصر معدنی از جمله منیزیم در گیاه ماشک در کشت مخلوط با تریتیکاله بود (Salehi et al., 2018).

جدول ۷- مقایسه میانگین منیزیم موجود در علوفه گاودانه متأثر از سطوح تراکم و تاریخ کاشت در کشت مخلوط با جو

Table 7- Mean comparison of nutrients of bitter vetch forage quality affected by planting date and density levels in barley-mixed intercropping

	تاریخ کاشت Sowing date											
	۲۸ فروردین (April 16)				۱۷ فروردین (April 5)				٦ فروردین (March 25)			
تراکم Density (%)	75	50	25	12.5	75	50	25	12.5	75	50	25	12.5
	14[ef*]	14.3[e]	14.7[d]	15.9[c]	17.3[b]	17.3[b]	17.4[b]	17.5[b]	17.2[b]	18.2[a]	18.3[a]	18.5[a]
کشت خالص	13.78[f]											

* میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's test.

نتیجه‌گیری

در کشت مخلوط افزایشی گاودانه با جو بهاره، تأخیر در تاریخ کاشت هر چند سبب کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی شد، امّا کاشت زودهنگام و هم‌زمان آن با جو، سبب افزایش کیفیت علوفه گاودانه از نظر عناصر معدنی می‌گردد. بیشترین میزان ماده آلی، الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی در تاریخ کاشت ۶ فروردین ماه و کمترین مقادیر این صفات در تاریخ کاشت ۲۸ فروردین ماه حاصل شد، در حالی که بیشترین مقادیر عناصر معدنی شامل نیتروژن، پتاسیم، سدیم و کلسیم در تاریخ کاشت ۶ فروردین ماه به‌دست آمد. با افزایش تراکم کاشت گاودانه مقادیر نیتروژن، پتاسیم و سدیم گاودانه افزایش یافت، ولی سایر خصوصیات مرتبط با کیفیت علوفه کاهش نشان داد. بیشترین مقدار منیزیم به تیمار ترکیبی ۶ فروردین ماه و تراکم ۱۲/۵ درصد اختصاص داشت و کمترین مقدار آن به کشت خالص گاودانه مربوط بود. بیشترین میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی و اسیدی به تراکم ۱۲/۵ درصد و کمترین میزان الیاف نامحلول به تراکم ۷۵ درصد تعلق داشت. در کل، نتایج آزمایش نشان داد که میزان عناصر معدنی شامل کلسیم، سدیم و فسفر علوفه گاودانه در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود و میزان ماده آلی و ماده خشک گاودانه در کشت مخلوط هم‌زمان با جو با مقادیر این صفات در کشت خالص گاودانه برابر بود. با توجه به پایین‌تر بودن میزان NDF و ADF علوفه در بیشتر الگوهای کشت مخلوط، می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از طریق کاهش NDF و ADF کیفیت علوفه را بهبود می‌بخشد.

References

Abbasi, A., Fazaeli, M., Zahedi Far, M., Mirhadi, S.A., Gerami, A., Teimoornezhad, N., and Alavi, S.M., 2015. Tables of Chemical Composition and Nutritive Value of Feedstuffs in Iran. Animal Science Research Institute Iran, 80 p. (In Persian)

Abdollahi, A., 2015. Study on effect of seed density and planting date on yield and yield components of bread wheat in dry land conditions. Dryland Agriculture 4(2): 99-114. (In Persian with English Summary)

Akbari Afjani, A., Zali, A., Gangkhanlo, M., and Dehghan Banadaky, M., 2011. Effect of forage quality consumed in the diet of dairy cows on production and lactation performance. Rangeland 5(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Ameri, A.A., and Jafari, A.A., 2016. Effects of mixed and row intercropping on yield and quality traits of alfalfa and three grass species in rainfed areas of Northern Khorasan, Iran. Journal of Rangeland Science 6(4): 377-387. (In Persian with English Summary)

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International.

Atis, I., and Akar, M., 2018. Grain yield, forage yield and forage quality of dual purpose wheat as affected by cutting heights and sowing date. Turkish Journal of Field Crops 23(1): 38-48.

Aydemir, S.K., Kizilsimsek, M., and Turhal, K., 2017. Effects of different sowing design on forage yield and yield component of sorgum and soybeen mixtures. Journal of Institute of Science and Technology 7(4): 265-270.

Bedoussac, L., and Justes, E., 2011. Acomparison of commonly usead indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat- winter pea intercrops. Field Crops Research 124(1): 25-36.

Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters, University of California, Division of Agricultural Science. 309 p.

Contreras-Govea, F.E., Muck, R.E., Armstrong, K.L., and Albrecht, K.A., 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology 53: 37-49.

Erickson, L.R., and Beversdorf, W.D. 1982. Effect of selection for protein on lengths of growth stages in *Glycine max* × *Glycine soja* cross. Canadian Journal of Plant Science 62: 293-298.

Eskandari, H., 2012. Yield and quality of forage produced in intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and mungbean (*Vigna radiate*) as double cropped. Journal of Basic and Applied Scientific Research 2(1): 93-97.

Eskandari, H., Ghanbari, A., and Javanmard, A., 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage production. Notulae Scientia Biologicae 1(1): 7-13.

FAO, 2018. FAOSTAT, available in: http://faostat3. Fao.org/hom/index. html#DOWNLOAD.

Fateh, A., 2009. The effect of different soil fertilization systems (organic, mixed and chemical) on the yield and medicinal properties of *Cynara cardunculus*. Ph.D. Dessertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Guleria G., and Kumar, N., 2016. Sowing methods and varying seed of cowpea on production potential of sorghum, sudangrass hybrid and cowpea: A review. Agriculture Reviews 37: 290-299.

Hamzei, J., 2012. Evaluation of yield, SPAD index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). Journal of Crop Production and Processing 2(4): 79-92. (In Persian with English Summary)

Islam, M.R. and Garcia, S.C., 2012. Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on forage yield, nitrogen- and water-use efficiency and S. C. nutritive value of an annual triple-crop complementary forage rotation. Grass and Forage Science 67: 96-110.

Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammadi, H., 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. Journal of Food, Agriculture and Environment 7(1): 163-166.

Javanmard, A. Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H., Nasiri, Y. and Shekari, F., 2013. Evaluation of some agronomic and physiological traits and forage quality in maize - legume intercropping as double cropping. Agricultural Science and Sustainable Production 23(2): 1-19. (In Persian with English Summary)

Kheradmand, S., Mahmodi, S., and Ahmadi, E., 2015. Quantitative and qualitative performance evaluation of green pea

and barley forage intercropping. Applied Field Crops Research (Pajouhesh and Sazandegi) 104: (111-118). (In Persian with English Summary)

Li, W., Zhang, F.S., Li, X.L., Christie, P., Sun, J.H., Yang, S.C. and Tang, C., 2003. Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean. Nutrient Cycling in Agroecosystems 68: 61-71.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D., 2006. Forage yield and quality of commen vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99(1): 106-113.

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A. , and Damals, C.A., 2011. Dry matter yield, nitrogen content and competition in pea-cereal intercropping system. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

Madani, A., Shirani-Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, G., Zarghami, R., and Mokhtassi-Bidgoli, A., 2011. The impact of source or sink limitations on yield formation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) due to post-anthesis water and nitrogen deficiencies. Plant Soil and Environmental 56(5): 218–227.

Menke, K.H., and Steingass, H., 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* production using rumen fluid. Animal Research Development 28: 7-55.

Miller, N.F. and Enneking, D., 2014. Bitter vetch (*Vicia ervilia*): ancient medicinal crop and farmers' favorite for feeding livestock. In : P.E. Minnis (Ed.) New Lives of Ancient and Extinct Crops 254-268.

Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh, A., and Oustan, S., 2013. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. Agricultural Science and Sustainable Production 23(1): 100-116.

Nooshkam A., Mazaheri, D., Hosseini, S.M.B., and Mirabzadeh Ardakani, M., 2009. Effect of plant density and planting time on seed yield, forage yield and quality of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 11(4): 325-336. (In Persian with English Summary)

Noormohammadi, G.H., Siyadat, C.A., and Kashani, A., 2001. Cereal Crops. Publication of Jahad Daneshghahi, Shahid Chamran University, Iran. p. 445. (In Persian)

Orskov, E.R.I., and McDonald, I.M., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 92: 499-503.

Pellicano, A., Romeo, M., Pristeri, A., Preiti, G., and Monti, M., 2015. Cereal-pea intercrops to improve sustainabitlity in bioethanol production. Agronomy for Sustainable Development 35: 827-835.

Razmazar, V., Torbatinejad, N.M., Seifdavati, J., and Hassani, S., 2012. Evaluation of chemical characteristics, rumen fermentation and digestibility of *Vicia sativa*, *Lathyrus sativus* and *Vicia ervilia* grain by *in vitro* methods. Animal Science Researches 22(2): 107-119. (In Persian with English Summary)

Ross, S.M., King, J.R., O'Donovan, J.T., and Spaner, D., 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrops. II. Effects of cutting date and density of oats on annual forage yield. Grass and Forage Science 60(1): 87-98.

Rostaei, M., and Fallah, S., 2015. Assessment of canopy characteristics and essential oil yield of fenugreek and black cumin in intercropping under application of organic and chemical ferilizer. Journal of agricultural Science and Sustainable Production 25(4): 1-23. (In Persian with English Summary)

Sadeghi, G.H., Pourreza, J., Samei, A., and Rahmani, H., 2009 a. Chemical composition and some anti-nutrient content of raw and processed bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed for use as feeding stuff in poultry diet. Tropical Animal Health and Production 41: 85–93.

Sadeghi, G.H., Mohammadi, H., Ibrahim, L., Salam, A., and Gruber, K.J., 2009 b. Use of bitter vetch (*Vicia ervilia*) as a feed ingredient for poultry: A review. World's Poultry Science Journal 65(1): 51-64.

Salehi, Z., Amirnia R., Rezaeichiyaneh, E., and Khalilvandi Behrozyar, H., 2018. Evaluation of yield and some qualitative traits of forage in intercropping of triticale with annual legumes. Agricultural Science and Sustainable Production 28(4): 59-76. (In Persian with English Summary)

Sepahvand, A., and Ashraf-Jafari, A., 2014. Study on yield and forage quality in 14 landraces bitter vetch (*Vicia ervillia*) in irrigated and rainfed conditions in Khorramabad. Journal of Agronomy 102: 20-30. (In Persian with English Summary)

Stryhorst, S.M., King, J.R., Lopetinsky, J., and Neil Harker, K., 2008. Forage potential of intercropping with faba bean, lupin and field pea. Agronomy Journal 100(1): 187-190.

Van Soest, P.V., Robertson, J., and Lewis, B., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10): 3583-3597.

Widdicombe, W.D. and Thelen, K.D., 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. Agronomy

Journal 94: 326–330.

Zamanian, M., 2003. Evaluation of performance and quality of alfalfa cultivars in different Chyn Hay. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 10(1): 82-73.

Zhang, G., Yang, Z., and Dong, S., 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crops Research 124(1): 66-73.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 489-505

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۵۰۵-۴۸۹

Evaluation of Bitter Vetch (*Vicia ervilia*) Forage Quality in Intercropping with Spring Barley (*Hordeum vulgare*)

A. Derakhshani[1], G. Heidari[2*] and S. Khalesro[3]
Submitted: 08-02-2020
Accepted: 15-09-2020

Derakhshani, A., Heidari, G., and Khalesro, S., 2021. Evaluation of bitter vetch (*Vicia ervilia*) forage quality in intercropping with spring barley (*Hordeum vulgare*). Journal of Agroecology 13(3):489-505.

Introduction

Cereal-legume intercropping is a common approach in agricultural systems especially in developing countries. Bitter vetch is a forage legume that belongs to Fabaceae family. This plant can play a role in improving soil fertility by nitrogen fixation, which leads to the benefit of intercropping with forage grasses such as barley. Planting date and density are the determinants of optimal crop yield in intercropping systems. As the planting date changes, meteorological parameters (temperature, sunlight and…) also change, and influencing plant growth and production. The purpose of determining the optimal planting date is to synchronize the growth stages of the plant. On the other hand, plant density varies with factors such as area differences, planting date, climatic conditions and soil type. *Vicia ervilia* L is a plant of the legume family, which is partly drought tolerant and compatible with most soils. In this research, the forage quality of bitter vetch was evaluated in additive intercropping pattern with barley as well as in different planting dates.

Materials and Methods

The experiment was carried out as a factorial arrangement based on randomized complete block design with 3 replications. The studied factors were included planting dates at three levels (simultaneous planting of bitter vetch and spring barley on March 25, planting of bitter vetch 10 and 20 days after planting of spring barley on April 5 and 16, respectively) and planting densities at four levels (12.5, 25, 50 and 75%) in additive intercropping with spring barley. Bitter vetch and barley pure stands were considered as control treatments. Bitter vetch was harvested for forage at flowering stage. Forage quality indices including organic matter, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and mineral nutrients were measured in bitter vetch. Analysis of variance was performed using SAS software and means were compared by Duncan's method at the 1% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the highest amount of organic matter, neutral and acid detergent fibers in bitter vetch forage were obtained in simultaneous planting of bitter vetch and spring barley. The lowest values were obtained in sowing bitter vetch 20 days after barley planting, while the highest amount of mineral elements including nitrogen, potassium, sodium and calcium was obtained from sowing bitter vetch simultaneous with barley planting. The delay in bitter vetch sowing makes the plant less likely to grow and increases intensity of its competition with barley for food resources, which reduces the content of forage nutrients contents. The highest phosphorus content was observed at the third planting date (20 days after sowing spring barley) with an average of 52.40 $ml.L^{-1}$ and was significantly different from other levels of planting date. It seems that the delay in bitter vetch sowing date and the decrease in vegetative growth and its competition with barley for mineral resources of soil did not have a decreasing effect on the phosphorus content and apparently the phosphorus content also increased in the delayed sowing conditions. Increasing bitter vetch density increased nitrogen, potassium and

1- M.Sc. Graduated, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Kurdistan, Iran.
2- Associate Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Kurdistan, Iran.
3- Assistant Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Kurdistan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: g.heidari@uok.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v13i3.85494

sodium levels of bitter vetch forage but decreased magnesium, phosphorus and calcium contents. Dry matter digestibility was not affected by sowing date, plant density and their interaction. The highest acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) was belonged to 12.5% and the lowest were for 75% bitter vetch density. The planting date of April 6 was preferable to other planting dates in terms of mineral elements and the bitter vetch density of 75% was better due to the reduction of NDF and ADF indices. Results of previous experiments showed that in cereal crops and legume intercropping, the contents of acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) in forage were decreased.

Conclusion

In general, the results of this study indicate that the contents of mineral nutrients including calcium, sodium magnesium and phosphorus of forage were higher in intercropping treatments than pure cultivation and the amounts of organic matter and digestible dry matter of bitter vetch forage in simultaneous intercropping with barley were equal to those of pure cultivation. Decreased acid detergent fiber and neutral detergent fiber in forage and production of forage with higher contents of minerals including phosphorus, magnesium and calcium are benefits of intercropped bitter vetch and spring barley compared with soleculture.

Keywords: Acid detergent fiber, Digestible dry matter, Mineral nutrients, Neutral detergent fiber